

Curso de Tecnologia em Biocombustíveis

BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR: UM RESÍDUO PROMISSOR

ALAN JOANITO AVANSI

Orientador(a): Prof.^a Rita De Cássia Vieira Macri

Trabalho apresentado a Faculdade de Tecnologia de Jaboticabal - Fatec, para obtenção do título de Tecnólogo em Biocombustíveis.

**Jaboticabal-SP
2º Semestre/2011**

Avansi, Alan Joanito

A946b. Bagaço de Cana-de-açúcar: Um Resíduo Promissor/ Alan Joanito Avansi. —
Jaboticabal : Fatec, 2011.

29f.

Orientador: Rita de Cassia Vieira Macri

Trabalho (graduação) – Apresentado ao Curso de Tecnologia em
Biocombustíveis, Faculdade de Tecnologia de Jaboticabal, 2011.

1. Subproduto. 2. Cogeração. 3. Etanol de segunda geração. I. Macri,
Rita de Cassia Vieira. II. Bagaço de Cana-de-açúcar: Um Resíduo Promissor.

CDU 631.164.27

Curso de Tecnologia em Biocombustíveis

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR: UM RESÍDUO PROMISSOR.

AUTOR: ALAN JOANTO AVANSI

ORIENTADOR (A): PROF (a). RITA DE CÁSSIA VIEIRA MACRI

Trabalho de Graduação aprovado pela Banca Examinadora como parte das exigências para conclusão do Curso Superior de Tecnologia em Biocombustíveis, apresentado à FATEC-JB para a obtenção do título de Tecnólogo.

RITA DE CÁSSIA VIEIRA MACRI

MARIANA CARINA FRIGIERI

NÁDIA FIGUEIREDO DE PAULA

Data da apresentação: 01 de dezembro de 2011.

Presidente da Comissão Examinadora

O homem que age multiplica suas forças, domina-se e se aperfeiçoa.

Montessori, 1965.

Dedico este trabalho a minha mãe Aurora, meu pai Valcir e a todos meus quatro irmãos que sempre me deram forças, mas em especial para minha irmã Andresa, que sempre me ajudou em tudo que precisei para concluir esse curso.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter me dado a oportunidade de fazer o curso, aos meus colegas de sala, a todos os professores que sempre estiveram dispostos a ajudar e a minha orientadora, professora Rita, que nunca mediu esforços para que tudo ocorresse da melhor forma possível.

SUMÁRIO

LISTA DE ABREVIATURAS.....	VIII
LISTA DE FIGURAS.....	IX
RESUMO.....	X
ABSTRACT.....	XI
1 INTRODUÇÃO.....	12
2 OBJETIVOS.....	13
3 REVISÃO DE LITERATURA.....	14
3.1 Alimentação animal.....	14
3.1.1 Reação dos animais ao uso do bagaço.....	16
3.2 Cogeração de energia.....	17
3.3 Etanol de segunda geração.....	19
3.3.1 Hidrólise ácida.....	19
3.3.2 Hidrolise enzimática.....	21
3.4 Compactação.....	21
3.4.1 Briquetes.....	22
3.4.2 Pellets.....	23
3.4.3 Fardos.....	24
3.5 Carvão ativado.....	24
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	26
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	27

LISTA DE ABREVIATURAS

BEN	Balanço Energético Nacional
C A	Carvão Ativado
DHR	Dedini Hidrólise Rápida
EPE	Empresa de Pesquisa Energética

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1- Representação esquemática da ação do pré-tratamento sobre o material lignocelulósico	15
FIGURA 2- Bagaço de cana-de-açúcar.....	16
FIGURA 3- Evolução da estrutura da oferta de energia no Brasil- 1970-2030	18
FIGURA 4- Obtenção de etanol de biomassa	19
FIGURA 5- Hidrólise ácida de celulose e arabinosilano.....	20
FIGURA 6- Briquetadeira.....	22
FIGURA 7- Briquete do bagaço de cana-de-açúcar	23
FIGURA 8- Peletizadora PVL Lippel.....	23
FIGURA 9- Enfardadeira de bagaço de cana-de-açúcar.....	24
FIGURA 10- Carvão ativado.....	25

RESUMO

BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR: UM RESÍDUO PROMISSOR

O bagaço é o maior subproduto produzido pela industrialização da cultura da cana-de-açúcar. Existem inúmeras possibilidades de aplicação, as quais podem se tornar rentáveis aos empresários do setor. Este trabalho mostra como esse subproduto pode ser utilizado, gerando novos produtos e serviços ao setor, como produção de energia elétrica, produção de etanol de segunda geração, alimentação animal, compactados e carvão ativado, proporcionando um emprego mais nobre deste subproduto e conseqüentemente gerando uma valorização cada vez maior do mesmo.

Palavras-chave: Subproduto, Cogeração, Etanol de segunda geração.

ABSTRACT

BAGASSE OF SUGARCANE: APROMISING RESIDUE

Bagasse is the largest by-product produced by the industrialization of culture of cane sugar. There are numerous possibilities of application, which can become profitable to the business sector. This paper shows how this byproduct can be used, generating new products and services to the sector, as production of electricity, production of second generation ethanol, animal feed, and compressed charcoal, providing a most noble employment of this byproduct and thus generating a increasing appreciation of it.

Keywords: by-product, co-generation, second generation ethanol.

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor de cana-de-açúcar. Dos quase 06 milhões de hectares cultivados com cana-de-açúcar no País, cerca de 85% estão na Região Centro-Sul, principalmente em São Paulo (60%), sendo os 15% restantes cultivados nas Regiões Norte e Nordeste (BRASIL, 2007).

O bagaço proveniente da extração do caldo da cana-de-açúcar é o maior subproduto produzido pela industrialização da cultura e também possui diversas aplicações que poderão ser muito rentáveis aos empresários do ramo. A forma de obtenção desse bagaço se dá através da extração do caldo por moendas ou difusores, sendo a mais comum por moendas. O bagaço extraído através de difusores pode apresentar algumas complicações em uma possível queima, uma vez que ele é mais úmido do que o bagaço extraído por moendas devido à grande embebição sofrida nos difusores.

Segundo BURGI (1995) de cada tonelada de cana moída na indústria, obtêm-se aproximadamente 700 litros de caldo e 300 Kg de bagaço.

Tendo em vista que o bagaço é um dos principais subprodutos da indústria sucroalcooleira, sua utilização é capaz de gerar inúmeros produtos e serviços como, por exemplo, geração de energia elétrica, utilização na produção de alimentação animal, produção de etanol de segunda geração, compactados e carvão ativado. Com o estudo realizado foi possível conhecer um pouco mais sobre utilizações e descobertas do bagaço proveniente da cultura de cana-de-açúcar.

2 OBJETIVOS

O principal objetivo desse estudo foi verificar como o bagaço, principal subproduto da indústria sucroalcooleira, pode ser utilizado para gerar novos produtos e serviços para a população.

Durante o desenvolvimento do trabalho pretendeu-se estudar os seguintes itens referentes a utilização do bagaço da cana-de-açúcar:

- Alimentação animal;
- Cogeração de energia;
- Etanol de segunda geração;
- Compactação;
- Carvão ativado.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Alimentação animal

Um dos grandes problemas enfrentado pelos pecuaristas no período da entressafra é a escassez de forragens com a consequente falta de volumosos adequados em quantidade e qualidade, afetando o sistema de produção animal (AMARAL NETO et al., 2000). Esse fato tem se tornado um estímulo para pesquisadores estudarem alternativas para esse problema, e a cana-de-açúcar tem mostrado ser promissora nesse aspecto.

O uso da cana-de-açúcar (*Saccharumofficinarum*L.), como forragem, tem sido disseminado por todo território nacional pelo fácil cultivo e grande produção de massa verde. Ainda facilita a alimentação de bovinos na época da estação seca (MOREIRA, 1983).

Entretanto, a cana-de-açúcar como alimento básico para ruminantes, apresenta limitações de ordem nutricional, devido aos baixos teores de proteína, minerais e precursores gliconeogênicos e ao alto teor de fibra de baixa degradação ruminal. Para que a cana-de-açúcar possa ser fornecida como alimentação aos animais, com melhor aproveitamento, é necessário submetê-la ao processo de hidrólise, que consiste em alterar a composição química da matéria, favorecendo a digestão e o consumo (CHAGAS, 2011).

Tratamentos físicos e/ou químicos de alimentos fibrosos promovem a ruptura das complexas ligações químicas da lignina com a celulose e com a hemicelulose (figura1), resultando em um aumento no consumo e na digestibilidade (PINTO, A.P et al., 2003).

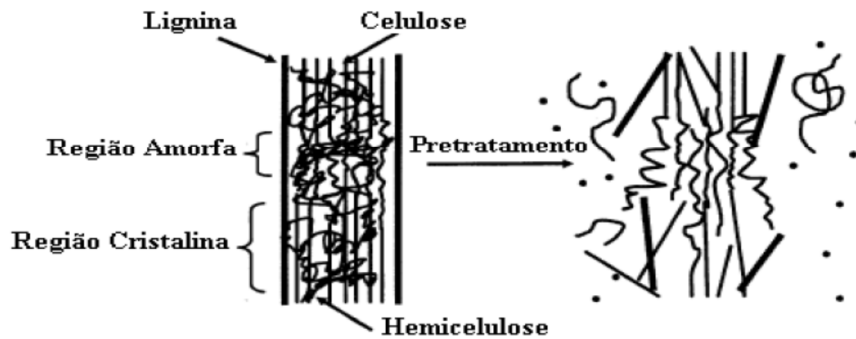


FIGURA 1- Representação esquemática da ação do pré-tratamento sobre o material lignocelulósico

Fonte: (MOISER et al., 2005)

O hidróxido de sódio (NaOH), apesar de apresentar alguns inconvenientes como: grande quantidade de água para sua aplicação; maior cuidado no manuseio da palha; excesso de sódio na dieta, nas fezes e na urina; e problemas de contaminação ambiental, é um dos produtos químicos mais eficientes no tratamento de volumosos (FAHEY JR. et al., 1993).

O tratamento com vapor sob pressão denominado auto-hidrólise, tem sido utilizado no tratamento do bagaço de cana-de-açúcar, principalmente nas usinas e destilarias, porém requer o uso de equipamentos especiais. Com a ação do vapor sob elevada pressão e temperatura há formação de ácido acético promovendo a hidrólise ácida. Ao término do tratamento, com a repentina liberação do vapor e da água contida nos fragmentos do bagaço, ocorre o afrouxamento das fibras e conseqüentemente o aumento da digestibilidade do material (CAMPOS NETO, 1987). Para Burgi (1995), o tratamento com vapor sob pressão é o que apresenta resultado mais efetivo em termos de aumento do valor nutritivo.

A figura 2 mostra como é o bagaço de cana-de-açúcar.



FIGURA 2- Bagaço de cana-de-açúcar
Fonte: Arquivo pessoal

3.1.1 Reação dos animais ao uso do bagaço

No Brasil, dietas para confinamento tradicionalmente são balanceadas com altas proporções de volumosos, devido aos altos custos dos grãos e dos concentrados protéicos, mas quando os grãos apresentam preços agradáveis, dietas de alto concentrado tornam-se interessantes economicamente, uma vez que proporcionam ganho de peso mais rápido e reduzem os custos com a mão-de-obra, tornando a atividade mais rentável (BULLE et al., 1999).

Diversos autores indicam melhor utilização de dietas com maior teor de fibras por zebuínos e seus cruzamentos (LEME et al., 2002). BULLE et al., (1999) estudaram o efeito da utilização de 9,15 ou 21% de bagaço como única fonte de volumoso para tourinhos cruzados e concluíram que 15% de bagaço proporcionou um melhor desempenho dos animais.

HENRIQUE et al.,(1999), estudando o efeito do bagaço de cana-de-açúcar e silagem de milho como fonte de fibra efetiva em dietas de alto concentrado para novilhos em terminação, concluíram que o bagaço pode ser utilizado como fonte exclusiva de volumoso, embora o ganho de peso e a eficiência de conversão tenham sido menores que os observados com silagem de milho, comparados a mesma proporção de concentrado.

3.2 Cogeração de energia

Inicialmente, o bagaço da cana-de-açúcar era utilizado nas usinas como substituto da lenha para geração de calor. Mais recentemente ele vem sendo utilizado para gerar vapor e também para ser transformado em outras formas de energia, como calor, eletricidade ou tração mecânica. O aumento do custo da energia elétrica e do petróleo tornou atraente a utilização do bagaço para a cogeração.

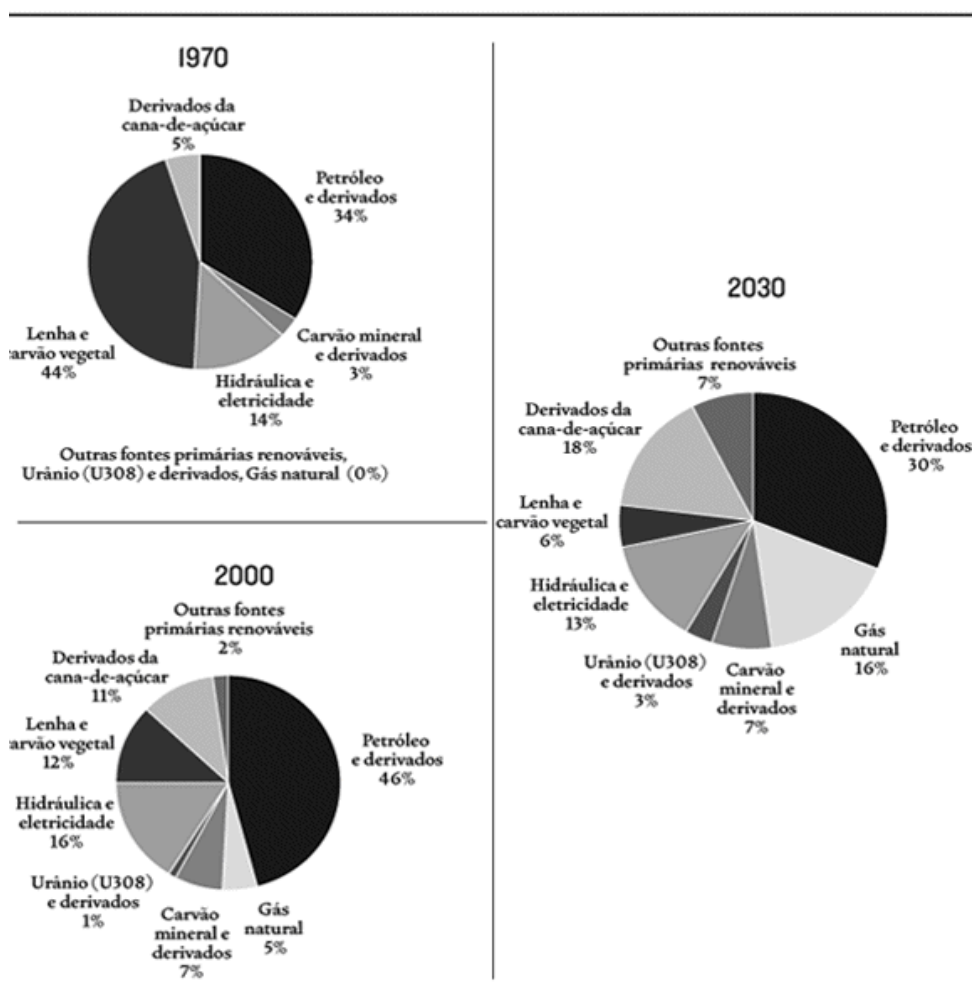
Com o álcool combustível e a cogeração de eletricidade a partir do bagaço, a cana-de-açúcar é hoje, a maior fonte de energia renovável do Brasil. Segundo o Balanço Energético Nacional- BEN, a participação da biomassa na matriz energética brasileira é de 27%; sendo a partir do bagaço de cana-de-açúcar, de 12,6%; da utilização de lenha de carvão vegetal, de 11,9%; e de outras fontes, de 2,5% (BRASIL, 2007).

Segundo SOUZA (2006), a energia gerada nas usinas sucroalcooleiras tem sido utilizada no processo industrial e seu excedente tem sido comercializado em distribuidoras de energia elétrica. Um fato interessante é que a entrada dessa energia cogorada no sistema elétrico coincide com o aumento da estação da seca, quando os reservatórios das usinas hidrelétricas apresentam baixos níveis de armazenamento de água.

MACEDO (2005) destaca que nos anos 70 a abundância de energia hidroelétrica conduzia a uma legislação que impedia a venda de excedentes de energia para a rede, desestimulando as usinas a desenvolverem plantas de cogeração mais eficientes. Contudo, o autor destaca que nos últimos 20 anos este cenário vem se modificando e as usinas estão evoluindo tecnologicamente os sistemas de geração de energia. Caldeiras com maior desempenho e capacidade de turbogeradores com potência nominal acima de 20 MW e com eficiências acima de 75% estão sendo comercializados.

Abaixo, na figura 3, podemos notar como era a estrutura energética do Brasil nos anos 1970 e anos 2000, e uma projeção de como ela será nos próximos 20 anos. É possível

observar que o uso de fontes renováveis como derivados da cana-de-açúcar, cresce consideravelmente no decorrer dos anos. Outras fontes primárias renováveis, como por exemplo, o gás natural e o Urânio, também apresentam significativa crescente em suas demandas.



Fonte: EPE.

FIGURA 3- Evolução da estrutura da oferta de energia no Brasil- 1970-2030

3.3 Etanol de segunda geração

No processo de obtenção de etanol celulósico, o objetivo é quebrar a parede celular vegetal para utilizar os polissacarídeos como fonte de açúcares fermentáveis. Para que seja realizada essa quebra atualmente se usam dois tipos de processos, denominados hidrólise ácida e hidrólise enzimática.

Abaixo, na figura 4, podemos ver o processo de obtenção do etanol de biomassa por meio de hidrólise.

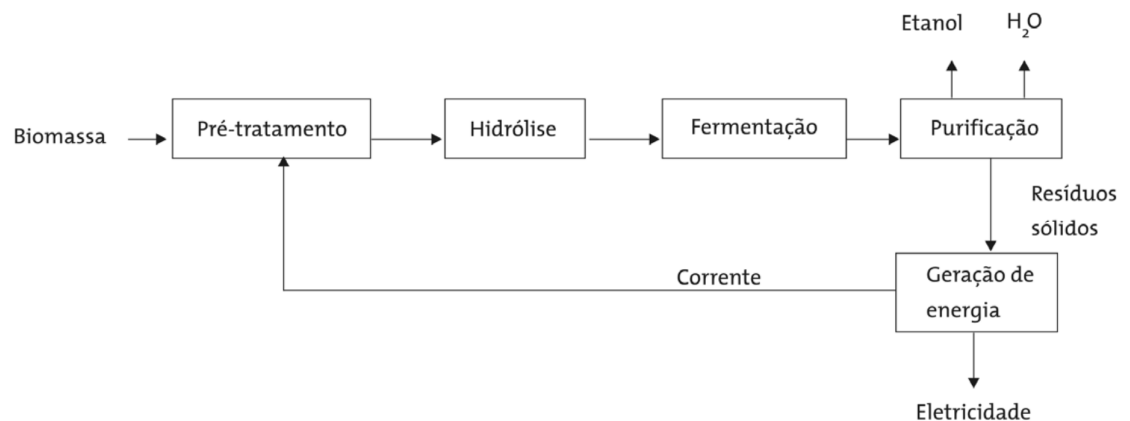


FIGURA 4: Obtenção de etanol de biomassa

Fonte: HAMELINCK et al., (2005).

3.3.1 Hidrólise ácida

O processo básico de hidrólise ácida consiste em utilizar um ácido forte para atacar as ligações glicosídicas entre os monossacarídeos de um polissacarídeo. Os ácidos, normalmente utilizados para a obtenção de hidrólise em laboratório, são ácido sulfúrico, ácido clorídrico e o

ácido trifluoroacético. Há vantagens e desvantagens em relação a cada um. Enquanto os ácidos sulfúrico e clorídrico discriminam pouco as ligações glicosídicas de diferentes tipos, atacando celulose e hemiceluloses de forma similar, o ácido trifluoroacético quebra preferencialmente as ligações mais fracas, que são as ligações do tipo alfa (α) presente nas ramificações das hemiceluloses, como mostra a figura 5 (BUCKERIDGE & DIETRICH, 1990).

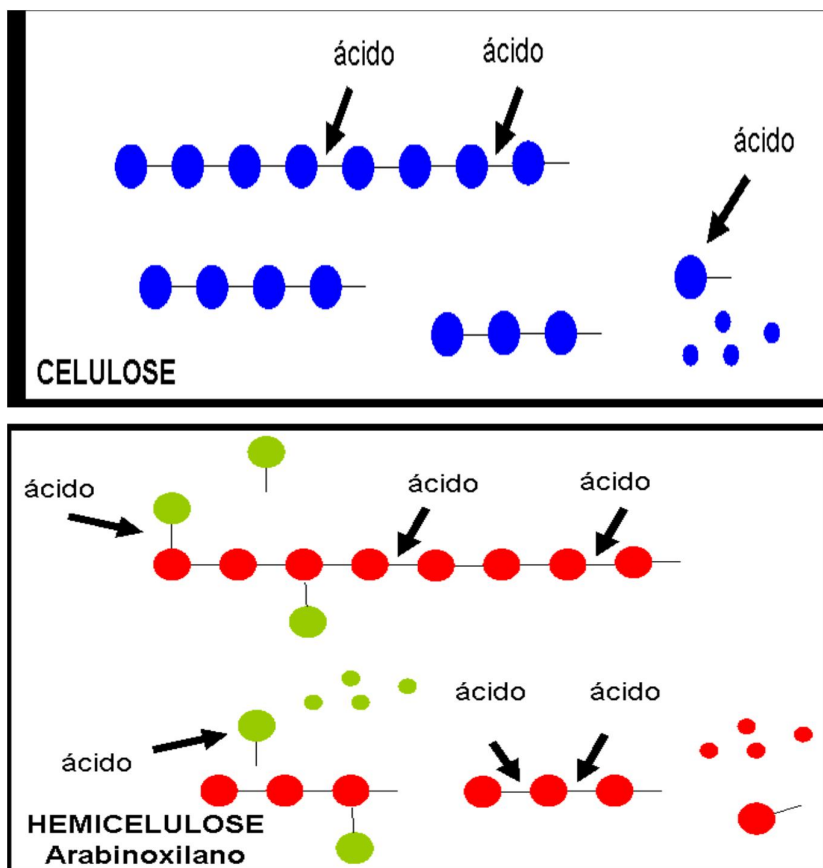


FIGURA 5: Hidrólise ácida de celulose e arabinoxilano.
(Fonte: BUCKERIDGE, 2000).

Uma forma de produção que vem sendo bastante utilizada para a produção de etanol de segunda geração é o processo DHR (Dedini Hidrólise Rápida), que combina em um só estágio de reação, o pré-tratamento e a hidrólise catalisada com ácido sulfúrico diluído. O processo se caracteriza pelo emprego de um solvente aquo-orgânico, que dissolve eficientemente a lignina, expondo a celulose a um ataque mais efetivo pelo ácido (ROSSEL, 2007).

Uma dificuldade na hidrólise ácida advém da necessidade de neutralização da solução contendo os açúcares para que se possa proceder à fermentação. Em geral, para a

neutralização, utiliza-se hidróxido de cálcio (calcário). No entanto, ao se proceder desse modo, o ácido sulfúrico é convertido em sulfato de cálcio e não pode ser reaproveitado (ALI, MARK & DANIEL, 2006). Para se obterem níveis aceitáveis de comercialização será necessária a redução dos custos associados principalmente ao consumo e reutilização do ácido e ainda a melhora na produtividade e eficiência na conversão da biomassa (KAYLENet al., 2000; GOLDENBERG, 2007).

3.3.2 Hidrólise enzimática

Grandes expectativas para a viabilização do etanol celulósico a longo prazo estão depositadas na possibilidade de utilizarmos a maquinaria bioquímica de microorganismos (fungos e bactérias) para desmontar a parede celular. O problema é que, assim como os fungos desenvolveram estratégias para invadir a parede celular, as plantas também co-evoluíram para sofisticar seus mecanismos de defesa. Assim, embora haja fungos capazes de degradar a parede celular vegetal, ela é bastante recalcitrante à degradação (DOS SANTOS et al., 2008).

Outro desafio que se impõe à obtenção do etanol a partir da celulose é o da fermentação de pentoses. As hemiceluloses são ricas em pentoses como xiloses e arabinoses. O *Saccharomyces cerevisiae*, microorganismo usualmente empregado na produção de álcool a partir da sacarose, é muito pouco eficiente na conversão de pentoses. A presença de pentoses de fato inibe a fermentação das hexoses. Uma perspectiva é a utilização de outras espécies de fungos, melhor adaptados. Espécies como *Pachysoletanophilus* são capazes de utilizar xilose e fermentam parcialmente outras pentoses depois de consumirem a glicose e a celobiose disponíveis que são seus alimentos preferidos (HINMAN et al., 1989).

As pesquisas dedicadas à hidrólise enzimática tiveram grande impulso nos últimos anos, em função do aumento da demanda por biocombustíveis. Em particular, o governo norte-americano anunciou, em janeiro de 2007, amplo programa de pesquisa de energia da biomassa, dentro do objetivo de reduzir em 20% o consumo de petróleo dos Estados Unidos.

No que se referem à eficiência da hidrólise da celulose, as estimativas disponíveis são de que é possível conseguir de 75% a 80%. Isso significa, por exemplo, que uma tonelada de bagaço seco (37% de celulose) permitiria a obtenção de 300 a 350 litros de etanol (considerando 90% de eficiência da fermentação da glicose) (ROSA et al., 2007).

3.4 Compactação

Dentre os compactados que o bagaço de cana-de-açúcar pode originar estão os briquetes, pellets e fardos de bagaço.

3.4.1 Briquetes

Define-se briquetagem como um processo no qual pequenas partículas de material sólido são prensadas para formar blocos de forma definida e de menor tamanho. Através desse processo, subprodutos de beneficiamento agro florestal, agroindustriais e finos de carvão convertem-se em um material de maior valor comercial que é o briquete (ANTUNES, 1982).

Apesar do pouco conhecimento e do baixo emprego do briquete no País, o Brasil apresenta um potencial promissor a ser explorado, o que permitiria o aproveitamento mais racional dessa energia disponível, reduzindo o atual desperdício de resíduos industriais e agrícolas. Como consequência, haveria a possibilidade da redução do custo da energia consumida nos setores industriais e domésticos, além de uma provável redução nos níveis de poluição (SILVA e MORAIS, 2008).

Abaixo na figura 6 e 7 , podemos ver a imagem de uma briquetadeira e do briquete de bagaço respectivamente.



FIGURA 6: Briquetadeira
Fonte: www.vantec.ind.br



FIGURA 7: Briquete do bagaço de cana-de-açúcar
Fonte: brasil.acambiode.com

3.4.2 Pellets

Os pellets também são compactados assim como os briquetes, mas em tamanhos menores. Eles podem ser utilizados em fornos, caldeiras ou até lareiras como acontece em países europeus. Abaixo podemos ver a imagem de uma peletizadora de bagaço de cana-de-açúcar.



FIGURA 8: Peletizadora PVL Lippel
Fonte: www.lipwl.com.br

3.4.3 Fardos

O bagaço é enfardado através de um equipamento que comprime e amassa o resíduo. Não é exigida uma pré-secagem do mesmo, no entanto é aconselhável o enfardamento após a secagem. O equipamento responsável por fazer esse serviço é a enfardadeira, como podemos ver na figura 9.

Esses fardos de bagaço podem ser utilizados tanto na alimentação animal, como na indústria, em caldeiras ou cogeração de energia. Uma vantagem do bagaço em fardos está no seu fácil transporte e armazenamento, pois compactado ele ocupa menos espaço.



FIGURA 9: Enfardadeira de bagaço de cana-de-açúcar
Fonte: www.forzan.com.br

3.5 Carvão ativado

O carvão ativado (CA) (figura 10) é uma forma não gráfica de carbono. Apresenta-se como um sólido predominantemente amorfo, na forma de pó ou granulado, processado para desenvolver porosidade interna. Devido a sua boa propriedade de adsorção, o CA é muito usado como adsorvedor em aplicações tanto em fase líquida como gasosa, sendo utilizado para purificar, filtrar, descolorir, desodorizar e desintoxicar (GONÇALVES et al., 2006).

Após o bagaço ser secado em estufas, ele é misturado junto ao melaço de cana-de-açúcar e transferido para cilindros onde tomarão forma de pellets. Esses pellets serão levados

a um reator com temperatura a 850 °C por 30 minutos. Após saírem do reator, serão moídos e separados (GONCALVES et al., 2006).

Os CA de bagaço e melão se tornam uma alternativa interessante para a adsorção por possuírem um baixo custo de produção devido a suas matérias- primas estarem a disposição em abundância na usina.



FIGURA 10: Carvão ativado
Fonte: www.maringa.olx.com.br

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a realização desse estudo foi possível observar que o bagaço da cana-de-açúcar possui diversas utilidades, as quais podem ser bem exploradas. Com isso, fica claro que ele é um resíduo muito valioso e que se bem explorado poderá proporcionar grandes lucros para empresários do ramo sucroalcooleiro.

Com um alto aproveitamento da cana-de-açúcar, sua produção só tem a crescer e com isso a utilização do bagaço para diversos fins também aumentará.

Desta forma concluímos que o que antes era considerado resíduo, hoje é considerado matéria-prima para diversos setores.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALI, M. MARK, R. & DANIEL, J.S. **Conditioning hemicelluloses hydrolysates for fermentation: effects of overliming pH on sugar and ethanol yields.** *Process Biochemistry* 41: 1806 – 1811, 2006.

AMARAL NETO, J.; OLIVEIRA, M. D. S.; LANÇANOVA, J. A. C. BETTI, V.; VIEIRA, P. F. **Composição quimicobromatológica da silagem de cana-de-açúcar sob diferentes tratamentos.** In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37, 2000, Viçosa.

ANTUNES, R.C. **Briquetagem de Carvão Vegetal.** In: **Produção e Utilização de Carvão Vegetal.** Belo Horizonte: CETEC, vol. 1, p. 197-206, 1982.

BUCKERIDGE, M.S. & DIETRICH, S.M.C. **Galactomannan from Brazilian legume seeds.** *Revista Brasileira de Botanica* 13: 109-112, 1990

BUCKERIDGE, M.S.; TINÉ, M.A.; SANTOS, H.P.; LIMA, D.U. **Polissacarídeos de reserva de parede celular em sementes, estrutura, metabolismo, funções e aspectos ecológicos.** *Brazilian Journal Plant Physiology*, v. 12, p. 137-162, 2000.

BULLE, M. L. M.; RIBEIRO, F. G.; LEME, P. R. et al. **Uso do bagaço de cana-de-açúcar como único volumoso em dietas de alto teor de concentrado.** 1. Desempenho. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 36., 1999, Porto Alegre

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Balanco energético nacional.** Disponível em: <<http://ftp.mme.gov.br/Pub/Balanco/BEN/Portugues/Benp99.pdf>>. Acesso em: 25 mar. 2011.

BURGI, R. **Utilização de resíduos culturais e de beneficiamento na alimentação de bovinos.** Anais do 6º simpósio sobre nutrição de bovinos da FEALQ, 1995. Piracicaba-SP, p.153-169

CAMPOS NETO, O. **Utilização dos subprodutos da indústria sucroalcooleira na alimentação animal.** In: SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO ANIMAL. SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 4., 1987, Brasília. Anais... Brasília: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1987, p. 129-152.

CHAGAS, G. **Cana hidrolisada garante alimentação bovina no inverno.** Jornal UNESP, Jaboticabal, v. 19, n. 203. Disponível em: <<http://www.unesp.br/aci/jornal/203/cana.php>>. Acesso em: 02 julho. 2011.

DOS SANTOS W. D., FERRARESE, M. M. L., FERRARESE-FILHO, O. **Ferulic Acid: An Allelochemical Troublemaker.** Functional Plant Science and Biotechnology, 2 (1), 47-55, 2008.

FAHEY JR., G. C.; BOURQUIN, L. D.; TITGEMEYER, E. C.; ATWELL, D. G. **Postharvest treatment of fibrous feedstuffs to improve their nutritive value.** In: JUNG, H.G.; H.G.; BUXTON, D. R.; HATFIELD, R.D.; RALPH, J. (Ed), *Forage cell wall structure and digestibility*. Madison: ASA-CSSA-SSSA, 1993. p. 715-766.

GOLDEMBERG, J. **Ethanol for a sustainable energy future.** Science 315: 818, 2007.

GONÇALVES, G. C.; MENDES, E. S.; PEREIRA, N. C.; SOUSA, J. C. **Produção de carvão ativado a partir de bagaço e melaço de cana-de-açúcar.** Maringá, v. 28, n. 1, p. 21-27, Jan./June, 2006

HAMELINCK, C. N. *et al.* **Ethanol from lignocellulosic biomass: techno-economic performance in short, middle and long term.** Biomass and Bioenergy 28 (2005), 384-410.

HENRIQUE, W.; LEME, P.R.; LANNA, D.P.D. *et al.* **Avaliação do milho úmido com bagaço de cana ou silagem de milho na engorda de bovinos. 1. Desempenho animal e características da carcaça.** In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 36., 1999, Porto Alegre. Anais... Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Zootecnia, [1999]

HINMAN, N.D., WRIGHT, J.D. HOAGLAND, W., WYMAN, C.E. **Xylose fermentation, an economic analysis.** Applied Biochemistry Biotechnology 20/21: 391-401, 1989.

KAYLEN, M. VAN DYNE, D.L., CHOI, M., BLASÉ, M. **Economic feasibility of producing ethanol from lignocellulosic feedstocks.** Bioresource Technology 14: 19-32, 2000.

LEME, P.R.; SILVA, S. L.; PEREIRA, A.S.C. *et al.* **Desempenho e características de carcaça de animais Nelore, 1/2 Caracu x Nelore e 3/4 Caracu x Nelore confinados com dietas de alto concentrado.** In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39., 2002, Recife. Anais... Recife: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2002.

MACEDO, I.C. ; NOGUEIRA, L. A. H. **Biocombustíveis.** 1. ed. Brasília: Núcleo de Assuntos Estratégicos da Presidência da República. v. 1. 233 p, 2005.

MOREIRA, H. A. **Cana-de-açúcar na alimentação de bovinos.** *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, ano 9, n.108, p.14-16, dez. 1983.

MOSIER, N. *et al.* Features of promising technologies for pretreatment of lignocellulosic biomass. **Bioresource Technol**, v. 96, p. 673-686, 2005.

PINTO, A. P.; PEREIRA, E. S.; MIZUBUTI, I. Y. **Características nutricionais e formas de utilização da cana-de-açúcar na alimentação de ruminantes.** Ciências Agrárias, Londrina, v. 24, n. 1, p. 73-84, jan./jun. 2003.

ROSA, S. E. Silveira da. **O debate recente sobre o pico da produção mundial de petróleo.** Revista do BNDES, v. 14, n. 28, p. 171-200, dez. 2007.

ROSSEL, C. E. V.; **Processo DHR (Dedini Hidrólise Rápida) - projeto, implantação e operação da unidade de desenvolvimento de processo (UDP).** Copersucar, 2007.

SILVA, M. B.; MORAIS, A. S. **Avaliação energética do bagaço de cana em diferentes níveis de umidade e graus de compactação.** In: XXVIII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. Rio de Janeiro, outubro. 2008. 9 páginas.

SOUZA, R. R. de. **Panorama, oportunidades e desafios para o Mercado Mundial de Álcool Automotivo.** 129 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.